



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 293 013 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) H 02 N 1/08

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD H 02 N / 338 946 1

(22) 22. 03. 90

(44) 14. 08. 91

(71) siehe (72)

(72) Dreifke, Günter, Dr.-Ing., Ringbergstraße 23, O - 6019 Suhl, DE

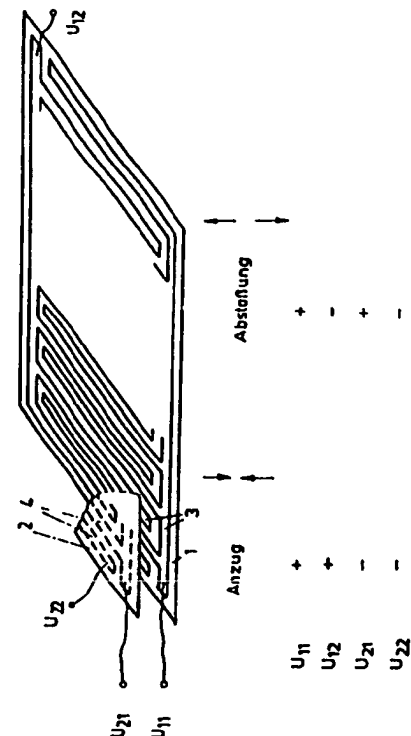
(73) siehe (72)

(54) Elektrostatistischer Mikroaktor

(55) elektrostatisch; Aktor; Antrieb; Roboter, parallel;
Mikrosystemtechnik; Positionierung; Formänderung;
Mikromechanik; Gerätetechnik; Mikroprozessor; Dynamik;
Planartechnik

(57) Die Erfindung betrifft einen elektrostatischen Mikroaktor auf Basis eines Mehrantriebssystems mit paralleler Grundstruktur zur Realisierung elektrostatischer, anziehender und abstoßender Kräfte und Bewegungen um einige Mikrometer zwischen 2 flachen Körpern, einem Stator und einem Anker, die parallel zueinander angeordnet sind. Der Stator und der Anker besitzen Elektroden, und der Anker ist gegenüber dem Stator nur höchstens um wenige Mikrometer tangential zur Elektrodenfläche beweglich. Die Anwendung bezieht sich besonders auf die Konstruktion von mikromechanischen Aktoren, die in der Gerätetechnik Anwendung finden. Erfindungsgemäß werden auf dem Stator 1 und dem Anker 2 kammförmig ineinander greifende Statorelektroden 3 und Ankerelektroden 4 isoliert angeordnet, die benachbarten Statorelektroden 3 und Ankerelektroden 4 sind alternierend gepolt, und gleichzeitig besitzen die genau gegenüberliegenden Statorelektroden 3 und Ankerelektroden 4 gleiche Polung. Damit wird eine abstoßende elektrostatische Kraft erzeugt, und durch Umpolung können mit der gleichen Anordnung elektrostatische Zugkräfte erzeugt werden. Mit dem erfindungsgemäßen elektrostatischen Mikroaktor können Leistungsdichte, Präzision und Zuverlässigkeit gegenüber bekannten Mikroaktoren erhöht werden. Qualitativ neue Eigenschaften sind die elastische, differenzierte Formänderung des Ankers während der Bewegung, Gestaltung von Aktorarrays mit aktiver Rückstellkraft und hohe Flexibilität. Fig. 1

Fig. 1



BEST AVAILABLE COPY

Patentansprüche:

1. Elektrostatischer Mikroaktor auf Basis eines Mehrantriebssystems mit paralleler Grundstruktur zur Realisierung elektrostatischer, anziehender und abstoßender Kräfte und Bewegungen um einige Mikrometer zwischen 2 flachen Körpern, einem Stator und einem Anker, die angenähert parallel und im Abstand einiger Mikrometer voneinander angeordnet sind, auf ihren flachen Seiten Elektroden besitzen und bei denen der Anker bezüglich des Stators tangential zu den flachen Seiten höchstens um wenige Mikrometer beweglich ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf dem Stator (1) und dem Anker (2) kammförmig ineinandergreifende Statorelektroden (3) und Ankerelektroden (4) angeordnet sind, die Statorelektroden (3) gleichartige Form besitzen wie die Ankerelektroden (4), die Kammzahnbreite und die Abstände zwischen den Kammzähnen nur einige Mikrometer beträgt, die Statorelektroden (3) und die Ankerelektroden (4) genau gegenüberliegen, die benachbarten Statorelektroden (3) und Ankerelektroden (4) mindestens zeitweise alternierend gepolt sind und gleichzeitig die gegenüber angeordneten Statorelektroden (3) und Ankerelektroden (4) gleiche Polung besitzen.
2. Elektrostatischer Mikroaktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Anker drehbar gelagert ist und die Kammzahnbreite und/oder die Abstände zwischen den Kammzähnen der Statorelektroden (3) und Ankerelektroden (4) mit zunehmendem Abstand von der Drehachse zunehmen.
3. Elektrostatischer Mikroaktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Anker biegesteif und drehbar gelagert ist und die Statorelektroden (3) und Ankerelektroden (4) senkrecht zur Drehachse angeordnet sind.
4. Elektrostatischer Mikroaktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stator (1) und/oder der Anker (2) elastisch sind, die Statorelektroden (3) und Ankerelektroden (4) gruppenweise, unabhängig voneinander mit einem Steuergrö ß engeber (5) verbunden sind, zwischen den beiden ineinandergreifenden Statorelektroden (3) und Ankerelektroden (4) je ein Schalter und zwischen den gegenüber angeordneten Statorelektroden (3) und Ankerelektroden (4) je ein Schalter vorgesehen ist und die Schalter in einer mit dem Steuergrö ß engeber verbundenen Schalteinheit (6) angeordnet sind.
5. Elektrostatischer Mikroaktor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Statorelektroden (3) und die Ankerelektroden (4) auf den zugewandten Seiten des Stators (1) und des Ankers (2) angeordnet sind und der Anker (2) an einen Fluidraum mit einer Höhe von einigen Mikrometern angrenzt.
6. Elektrostatischer Mikroaktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens der Anker (2) aus einem Einkristall besteht oder der Anker (2) aus einer Folie besteht.
7. Elektrostatischer Mikroaktor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Statorelektroden (3) und die Ankerelektroden (4) mit einer ersten Leiterbahnschicht verbunden sind und der Stator (1) und der Anker (2) isoliert davon gegenüberliegend angeordnete Arbeitselektroden (7) besitzen, die mit einer zweiten Leiterbahnschicht verbunden sind.

Hierzu 4 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen elektrostatischen Aktor auf Basis eines Mehrantriebssystems mit paralleler Grundstruktur zur Realisierung elektrostatischer Anzugs- und Abstoßungskräfte zwischen 2 flachen Körpern, einem Stator und einem Anker, die angenähert parallel und im Abstand einiger Mikrometer voneinander angeordnet sind. Der Anker ist gegenüber dem Läufer tangential höchstens um wenige Mikrometer beweglich.

Im Fall eines in Normalenrichtung beweglichen Ankers, beispielsweise eines drehbar gelagerten Ankers, finden elektrostatische Abstoßungskräfte im zeitlichen Wechsel mit elektrostatischen Anzugskräften vorteilhaft Anwendung dadurch, daß bekannte Rückstellkräfte, beispielsweise Federwirkung, konstruktiv nicht vorgesehen werden brauchen. Mögliche Anwendungen sind Torsionsmotoren (Scanner), Folientastaturen, Schalterarrays und Relayarrays.

Im Fall eines elastischen Ankers, beispielsweise einer Folie oder einer einkristallinen Si-Scheibe, und einer parallelen Anordnung elektrostatischer Aktoren kann eine gesteuerte oder geregelte elastische Formänderung des Ankers vorgenommen werden.

Anwendungsmöglichkeiten sind ein Tintenstrahldrucker, ein deformierbarer Spiegel für aktive Optik, ein Lichtmodulator, ein Wellenmotor, geregelte Formänderung eines Wafers im Repeater, Formstabilisierung und definierte, elastische Formänderung in der Ultrapräzisionsbearbeitung.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es wurde bereits ein elektrostatischer Antrieb mit integrierter Führung auf Basis eines Mehrantriebssystems mit paralleler Grundstruktur für die zeitlich parallele, voneinander unabhängige Führung mehrerer Objekte mit glatter, strukturierter Grundfläche bei gleichzeitiger, individueller Formänderung der Objekte während der Bewegung vorgeschlagen. Die Erfindung beinhaltet, daß die Elektroden auf Stator und Anker ein flächenhaftes Muster bilden, die Elektroden getaktet mit einem Sensor-Wanderelement oder mit einer programmgesteuerten Spannungsquelle verbunden sind, die Elektroden in Abhängigkeit von ihrer Position zueinander mit Signalen zur Führung einer Bewegungskordinate beschriftet werden, die Elektroden in Funktionsgruppen angeordnet sind und mindestens 2 Elektrodengruppen hinsichtlich der Hauptabmessungen ihrer Elektroden senkrecht zueinander angeordnet sind. Mit dieser Lösung wird die Objektführung im Raum nach dem elektrostatischen Prinzip gezeigt.

Für die praktische Realisierung der zur Verwirklichung dieser Erfindung notwendigen Abstoßungskräfte ist die Gestaltung der Elektroden und ihre Ansteuerung nicht näher angegeben. Insbesondere für viele Anwendungen, bei denen die Beweglichkeit des Ankers in Normalenrichtung ausreicht, erweist sich die allgemein vorgeschlagene Anordnung als zu aufwendig.

Bekannt ist ein Mikromotor aus der Literatur /Petersen, K. E.: Silicontorsional scanning mirror (IBM J. Res. Develop., 24 [1980] 5, Sept., S. 631-637)/, bestehend aus einer an 2 Torsionsbändern aufgehängten Drehplatte, im einfachsten Fall einer rechteckigen Fläche, die durch die Wirkung des elektrostatischen Feldes zwischen Elektroden der Drehplatte und Elektroden einer im Abstand a dazu angeordneten Statorplatte verdreht wird. Das an den Torsionsbändern entstehende rücktreibende Moment stellt einen Gleichgewichtszustand zu elektrostatischen Anzugskräften her, die durch die angelegte Spannung entstehen und eine definierte Auslenkung der Drehplatte erzeugen. Dieses Prinzip wird z. B. dazu benutzt, einen an der Plattenoberfläche reflektierten Lichtstrahl um einen von der Steuerspannung abhängigen Winkel auszulenken.

Diese Anordnung hat die Nachteile, daß hohe Spannungen erforderlich sind, und bei Erreichen eines Grenzwinkels β_0 zwischen den Elektrodenflächen die Torsionsfeder durch hohe Querkkräfte belastet wird und sich die Genauigkeit verschlechtert und die Funktion instabil ist. Die Nutzung abstoßender elektrostatischer Kräfte dadurch, daß gegenüberliegende Elektroden gleichnamig gepolt werden, bewirkt nur eine geringe Verbesserung.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung verfolgt das Ziel, einen elektrostatischen Mikroaktor zu finden, bei dem mit geringen elektrischen Spannungen große abstoßende Kräfte zwischen 2 flachen Körpern, die angenähert parallel und im Abstand einiger Mikrometer voneinander angeordnet sind, erzeugt werden können. Die Lösung soll durch eine einfache mit der Planartechnik zu realisierende Elektrodenanordnung und eine einfache Ansteueranordnung erfolgen. Der elektrostatische Mikroaktor zur Realisierung abstoßender und anziehender Kräfte ist so zu gestalten, daß Anker ohne mechanische Rückstellkraft bewegt werden können und eine Vielzahl parallel angeordneter Elemente unabhängig voneinander Hubbewegungen ausführen können, so daß eine geregelte elastische Formänderung des Ankers erfolgen kann.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen elektrostatischen Aktor zu schaffen, der Anzugs- und Abstoßungskräfte zwischen zwei flachen Körpern, einem Stator und einem Anker, die angenähert parallel und im Abstand einiger Mikrometer voneinander angeordnet sind, realisiert. Durch eine geeignete Elektrodenanordnung und Ansteuerung ist eine technisch einfach zu verwirklichende, hochauflösende Kraftwirkung zwischen Stator und Anker, die tangential zueinander höchstens um wenige Mikrometer beweglich sind, zu erzielen. Damit soll ohne Verwendung einer mechanischen Rückstellkraft die Hubbewegung des Ankers hochgenau im Submikrometerbereich gesteuert oder geregelt werden können. Weiterhin soll mit einer Vielzahl angeordneter elektrostatischer Mikroaktoren eine programmgesteuerte elastische Formänderung bzw. Formstabilisierung erzielt werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch einen elektrostatischen Mikroaktor auf Basis eines Mehrantriebssystems mit paralleler Grundstruktur zur Realisierung elektrostatischer Anzugs- und Abstoßungskräfte zwischen zwei flachen Körpern, einem Stator und einem Anker, die angenähert parallel und im Abstand einiger Mikrometer voneinander angeordnet sind, auf ihren flachen Seiten Elektroden besitzen und bei denen der Anker bezüglich des Stators tangential zu den flachen Seiten höchstens um wenige Mikrometer beweglich ist, dadurch gelöst, daß auf dem Stator und dem Anker kammförmig ineinandergreifende Statorelektroden und Ankerelektroden angeordnet sind. Werden der eine Kamm der Statorelektrode und der in den ersteren eingreifende andere Kamm der Statorelektrode alternierend gepolt durch Anschluß an eine Spannungsquelle, werden der Kamm der Ankerelektrode und der in den ersteren eingreifende andere Kamm der Ankerelektrode ebenfalls alternierend gepolt und befinden sich die gleichnamig gepolten Elektroden dabei genau gegenüber, so tritt eine abstoßende Kraft in Normalenrichtung bezüglich der Elektrodenflächen auf. Die Elektroden können beispielsweise auf ein ebenes Glas-, Keramik-, Folien- oder Siliziumsubstrat mit Hilfe der Planartechnik aufgebracht werden. Zur Vermeidung eines Spannungsüberschlages sind die Elektroden isoliert angeordnet. Die Statorelektroden und die Ankerelektroden müssen deckungsgleiche Form besitzen, die größten Kräfte werden erreicht bei Ausführung kleiner Kammzahnbreite und kleiner Abstände zwischen den Kammzähnen. Die Kammzahnbreite und der Abstand zwischen den Kammzähnen sollen eine Größe von nur einigen Mikrometern betragen. Während der Aktion des Mikroaktors darf die seitliche Verschiebung zwischen den gleichartigen Elektrodenmustern nicht mehr als 25% der Kammzahnbreite betragen.

Ein Merkmal der Erfindung ist es, daß im Falle eines drehbar gelagerten Ankers, beispielsweise eines Scanners, die Kammzahnbreite und/oder die Abstände zwischen den Kammzähnen der Statorelektroden und der Ankerelektroden mit zunehmendem Abstand von der Drehachse zunehmen. Unter Anwendung des bekannten Zusammenhanges der Zugkraft vom Abstand der Elektroden und des Zusammenhanges der Abstoßungskraft vom Abstand der Elektroden entsprechend der Theorie

elektrostatischer Felder läßt sich durch die vorgeschlagene Differenzierung der Kammform eine über den Anker gleichmäßige Kraftverteilung erzielen, wodurch elastische Formänderungen vermindert werden. Durch die Möglichkeit der Realisierung eines Kräftepaares am drehbaren Anker wird die Drehlagerung, beispielsweise eine Torsionsfeder aus Silizium, wesentlich weniger durch Querkkräfte beansprucht, wodurch die Genauigkeit der Drehwinkelregelung erhöht, der Drehwinkel mit geringerer Spannung realisiert und die Dynamik erhöht werden kann. Nach der Erfindung ist weiterhin vorgesehen, daß im Falle eines drehbar gelagerten biegesteifen Ankers die Statorelektroden und Ankerelektroden senkrecht zur Drehachse angeordnet sind. Damit kann eine erhöhte Genauigkeit erreicht werden, da eine Verringerung der Kräfte quer zur Längsachse der Drehlagerung erfolgt. Die bei Abweichungen von der exakt gegenüberliegenden Anordnung der Ankerelektroden und Statorelektroden auftretenden Kräfte in Richtung der Drehachse können besser aufgenommen werden.

Ein weiteres Merkmal der Erfindung ist es, daß im Falle eines elastischen Ankers und/oder Stators die Statorelektroden und Ankerelektroden gruppenweise parallel angeordnet und unabhängig voneinander angesteuert werden. Ein Steuergrößengeber wird zur Bereitstellung von Hochspannungsphasen verwendet. Die Verbindung zu den Statorelektroden und den Ankerelektroden erfolgt durch eine vom Steuergrößengeber getaktete Schalteinheit in zwei Varianten. Zum Zweck der Erzeugung einer anziehenden Kraft zwischen Stator und Anker werden die beiden ineinandergreifenden Statorelektroden und die beiden ineinandergreifenden Ankerelektroden jeweils miteinander verbunden, und Stator und Anker sind ungleichnamig gepolt. Zur Erzeugung abstoßender Kräfte sind die gegenüber angeordneten Statorelektroden und Ankerelektroden durch Schalter miteinander verbunden, und benachbarte Statorelektroden bzw. Ankerelektroden sind ungleichnamig gepolt. Erfindungsgemäß ist weiterhin vorgesehen, daß die Statorelektroden und die Ankerelektroden auf den zugewandten Seiten des Stators und des Ankers angeordnet sind, wodurch ein Abstand von einigen Mikrometern durch Montage von Anker und Stator erreichbar ist. Bei geringer Leitfähigkeit einer Flüssigkeit oder eines Gases kann der Fluidraum zwischen Stator und Anker angeordnet werden. Ansonsten ist der Fluidraum auf der gegenüberliegenden Seite des Ankers mit einer Höhe von einigen Mikrometern anzuordnen.

Die Bewegung des Fluids erfolgt durch Formänderung des Ankers infolge phasenverschobener Ansteuerung der gruppenweise angeordneten Statorelektroden und Ankerelektroden und gesteuerten Wechsels zwischen Anzug und Abstoßung durch die Schalteinheit. Beispielsweise kann so ein Tintentropfen zwischen Maxima einer Sinuswelle eingeschlossen und mit hoher Geschwindigkeit transportiert werden.

Nach der Erfindung ist vorgesehen, daß mindestens der Anker aus einem Einkristall, beispielsweise aus Silizium, gefertigt ist, um hohe Elastizität und Dauerbeanspruchung sowie technologische Beherrschbarkeit zu erreichen. Darüber hinaus kann Folie vorteilhaft als Ankermaterial verwendet werden.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, bei einer flächenhaften, gruppenweisen Anordnung von Statorelektroden und Ankerelektroden die Leitungszuführung in einer ersten Leiterbahnschicht vorzusehen und auf dem Stator und Anker zusätzlich isoliert vom Erregerkreis Arbeitselektroden für einen Arbeitskreis gegenüberliegend anzuordnen. Die Arbeitselektroden sind mit einer zweiten Leiterbahnschicht verbunden, um die Leiterbahnen des Schaltkontaktes zwischen Stator und Anker nach außen zu führen und ein Relaisarray oder Sensorarray zu realisieren. Mit Hilfe von Verbindungselementen wird eine tangentielle Beweglichkeit zwischen Stator und Anker vermieden. Die Montage des Ankers muß staubfrei und in tangentialer Richtung auf einige Mikrometer genau erfolgen.

Im Falle der Verwendung als Sensorarray können die Statorelektroden und Ankerelektroden zur Realisierung solch einer Kraft zwischen Stator und Anker verwendet werden, daß der Abstand zwischen Stator und Anker für die Sensorfunktion optimal ist. Die Arbeitselektroden sind mit dem Sensor-Wandlerelement zu verbinden.

Im Falle der Verwendung als Schaltarray wird mit Hilfe der Arbeitselektroden die Schaltfunktion realisiert. Die Statorelektroden und Ankerelektroden werden zur Erzeugung der Rückstellkraft verwendet.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll anhand von Zeichnungen näher erläutert werden. In den einzelnen Zeichnungen zeigen

- Fig. 1: die kammförmige Anordnung der Statorelektroden und der Ankerelektroden sowie ihre Polung zur Erzielung anziehender und abstoßender Kräfte
- Fig. 2: einen elektrostatischen Mikroaktor als Torsionsmotor
- Fig. 3: eine Biegebalkenanordnung zur gesteuerten elastischen Formänderung
- Fig. 4: eine Steuereinheit für einen elektrostatischen Mikroaktor zur Realisierung einer fortlaufenden elastischen Welle
- Fig. 5: einen elektrostatischen Mikroaktor als Mikropumpe
- Fig. 6: einen elektrostatischen Mikroaktor mit zusätzlichen Arbeitselektroden zur Gestaltung eines Relaisarrays.

Fig. 1 zeigt die kammförmige Elektrodenanordnung auf den parallel zueinander angeordneten flachen Körpern, dem Stator 1 und Anker 2, eines erfindungsgemäßen elektrostatischen Mikroaktors. Zum Zweck der Abstoßung sind die gegenüberliegenden Statorelektroden 3 und Ankerelektroden 4 gleichnamig gepolt, zum Zweck der Anziehung ungleichnamig gepolt. Die Isolation der Elektroden ist nicht dargestellt.

In Fig. 2 wird ein elektrostatischer Mikroaktor als Torsionsmotor dargestellt. Gezeigt werden die Statorelektroden 3 und die Ankerelektroden 4, die auf dem Stator 1 und dem drehbar gelagerten Anker 2 gegenüberliegend angeordnet sind, sowie die erforderliche Polung der Elektroden zur Erzielung eines positiven oder negativen Drehwinkels β .

Die Fig. 3 zeigt eine Biegebalkenanordnung eines Stators 1 und eines Ankers 2, mit der beispielsweise eine Düsenform gesteuert werden kann. Die elastische Formänderung wird im Sinne eines Mehrantriebsystems mit paralleler Grundstruktur differenziert durch Zug- und Druckkräfte gestaltet, indem mehrere Steuergrößengeber 5, hier nicht dargestellt, Spannungen U_{11} , U_{12} , U_{21} , U_{22} , U_{13} , U_{14} , U_{23} , U_{24} bereitstellen.

In Fig. 4 wird eine Steuereinheit für einen elektrostatischen Mikroaktor mit 3 unabhängig angesteuerten Statorelektroden 3 und Ankerelektroden 4 dargestellt. Ein bekannter Steuergrößengeber 5 wird derart mit Schalteinheiten 6.1, 6.2, 6.3 verbunden,

laß eine Umschaltung zwischen Abstoßung und Anzug (siehe Detail 6.1) erfolgen kann. Mit der Anordnung kann beispielsweise eine wandernde Sinuswelle erzeugt werden.

Die Fig. 5 stellt 2 Varianten zur technischen Ausführung eines elektrostatischen Mikroaktors als Mikropumpe dar. Die Statorelektroden 3 und die Ankerelektroden 4 sind auf den zugewandten Seiten von Stator 1 und Anker 2 angeordnet. Bei Variante a befindet sich der Fluidraum 5 zwischen Stator 1 und Anker 2, bei Variante b außerhalb. Das Pumpen erfolgt durch Bewegung und Formänderung des Ankers 2. Weiterhin sind ein Vorratsraum 6 sowie Ein- und Auslaßöffnungen gezeigt. In der Fig. 6 wird ein elektrostatischer Mikroaktor mit zusätzlichen Arbeitselektroden 7 zwischen Stator 1 und Anker 2 gezeigt. Während die Statorelektroden 3 und Ankerelektroden 4 mit dem Erregerkreis verbunden sind, stehen die Arbeitselektroden 7 mit einem Arbeitsstromkreis in Verbindung. Durch die elastische Formänderung des Stators 1 und/oder Ankers 2 wird der Arbeitsstromkreis geschlossen bzw. durch abstoßende Kräfte unterbrochen. Die Verbindungsstücke 8 verhindern eine tangentielle Verschiebung zwischen Anker 1 und Stator 2, um zu sichern, daß die Statorelektroden 3 und die Ankerelektroden 4 exakt gegenüber angeordnet sind.

Fig.1

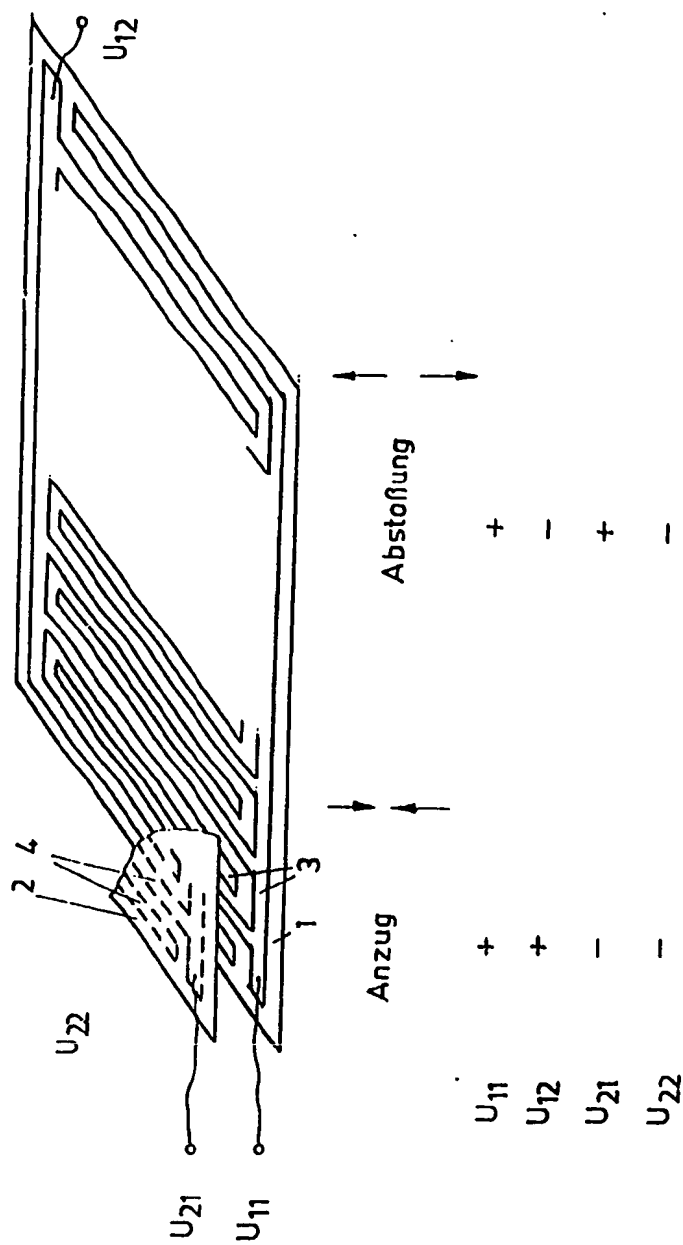
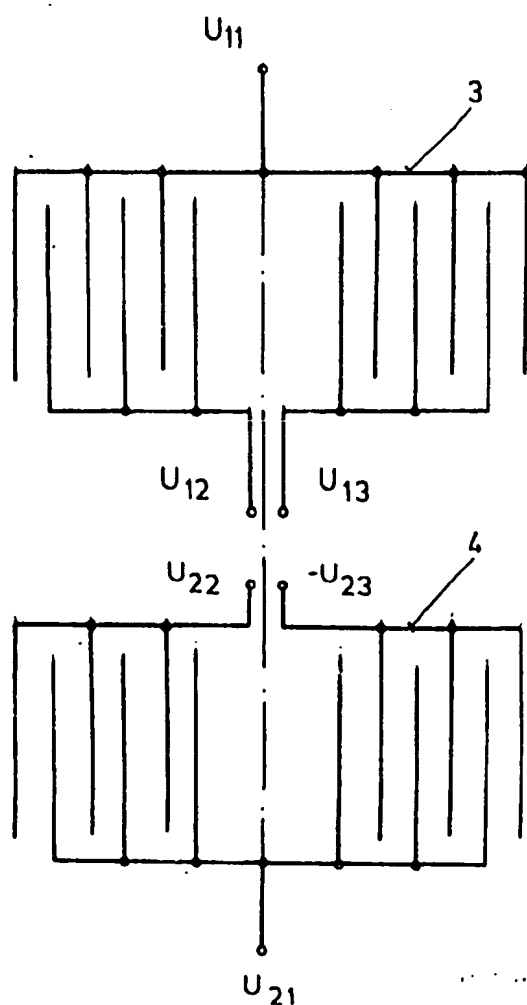
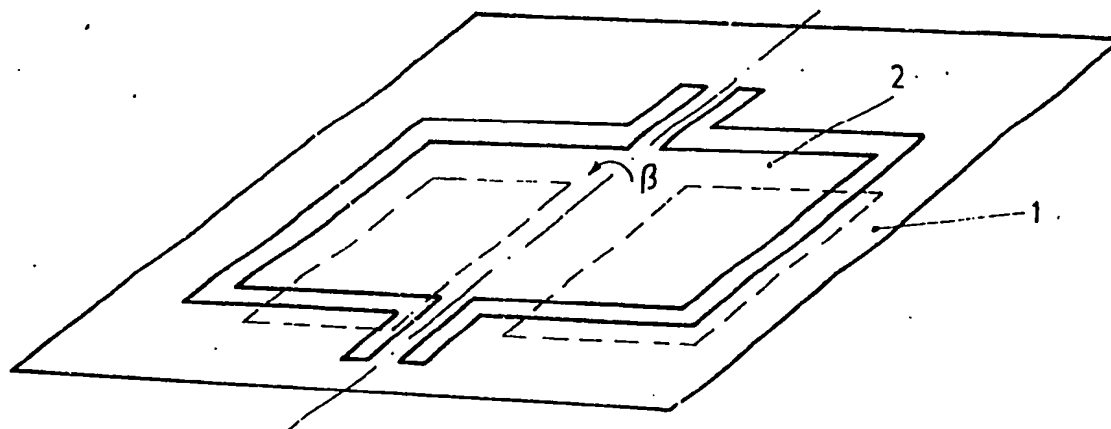


Fig. 2



	$\beta > 0$	$\beta < 0$
U_{11}	+	+
U_{12}	+	-
U_{13}	-	+
U_{21}	-	-
U_{22}	-	+
U_{23}	+	-

Fig.:3

293013 7

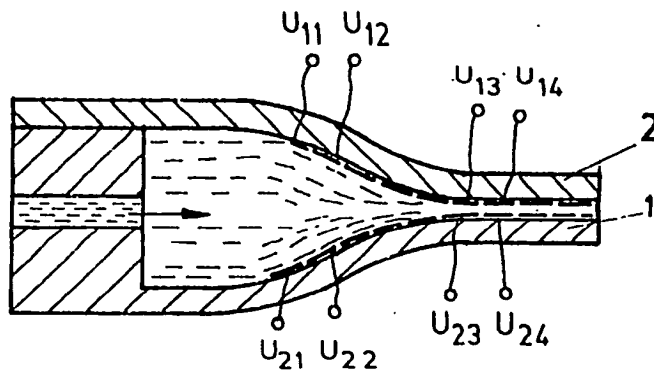
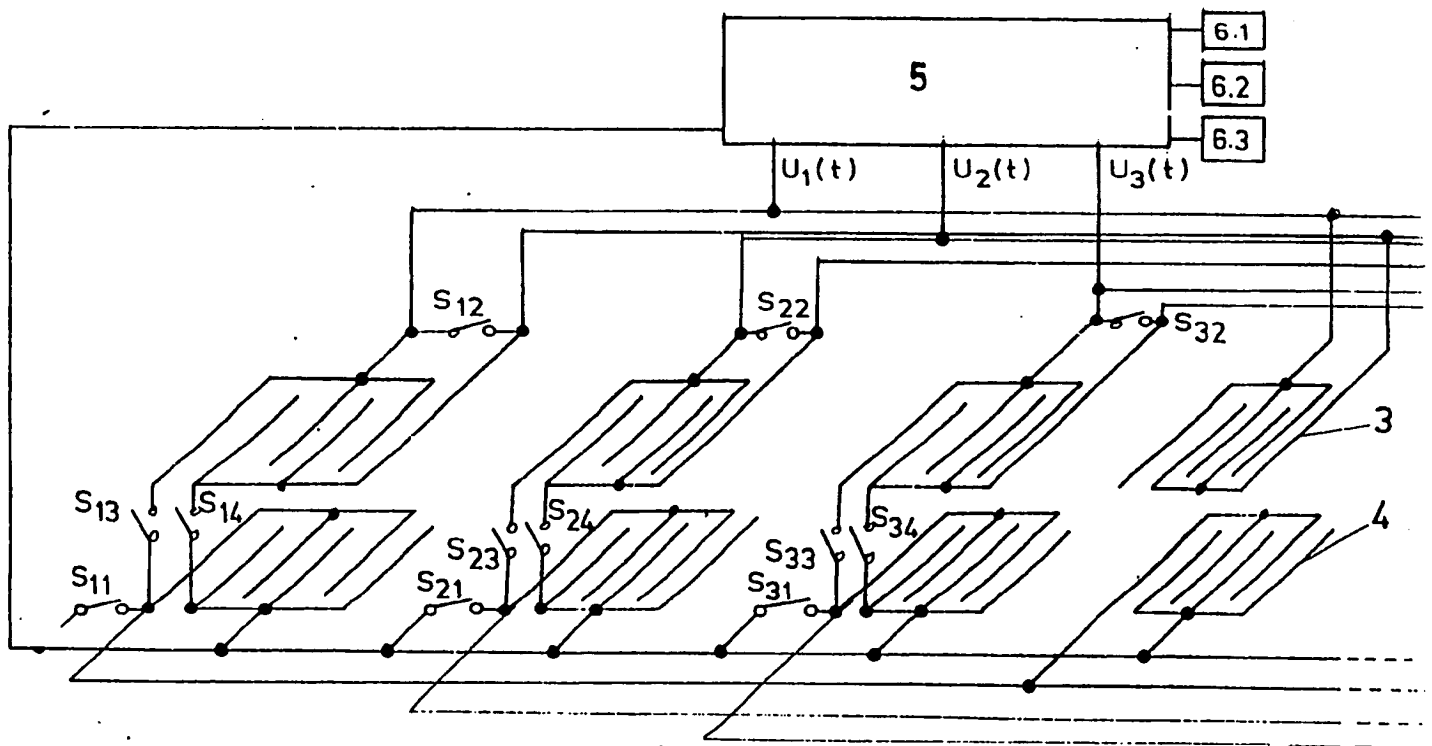
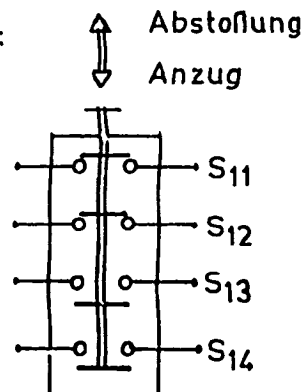


Fig.: 4



Detail 6.1 :



27 APR 1970

Fig.: 5

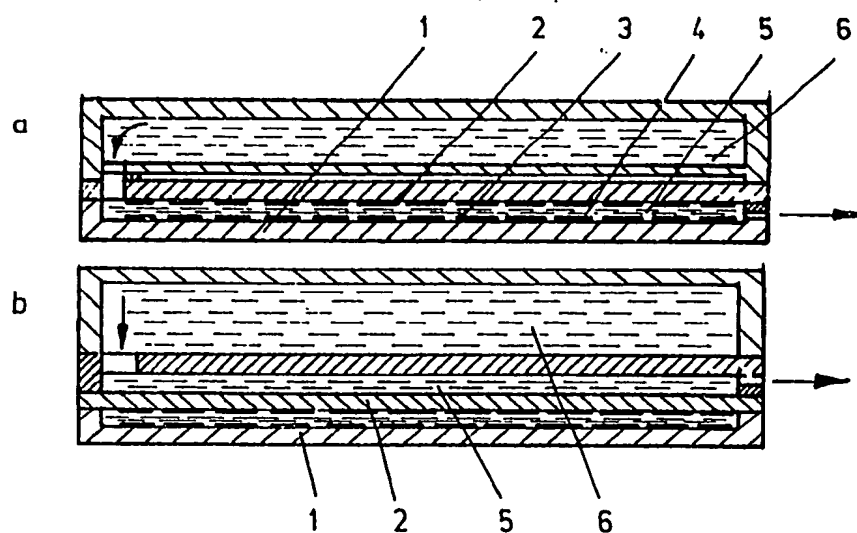
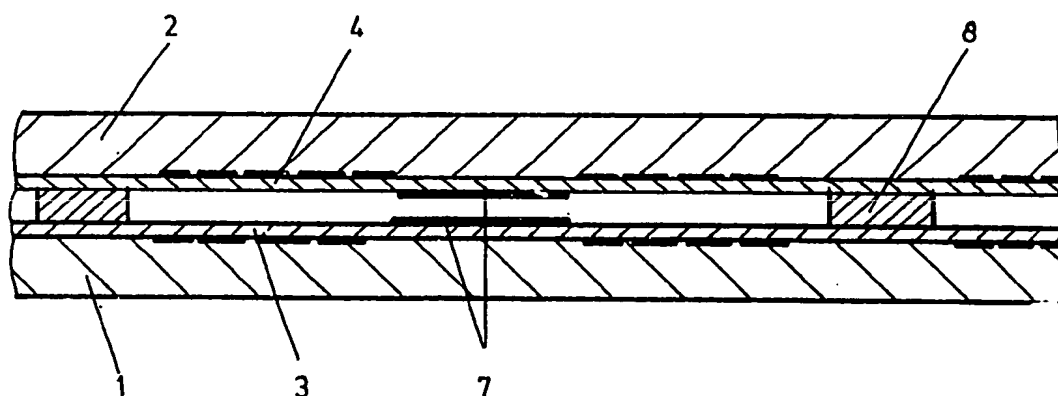


Fig.: 6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.